

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 38 10767 A 1

⑤1 Int. Cl. 4:  
H 01 S 3/19  
H 01 L 23/48  
H 01 L 29/06

②1 Aktenzeichen: P 38 10 767.8  
②2 Anmeldetag: 30. 3. 88  
④3 Offenlegungstag: 12. 10. 89

Behördeneigentum

DE 3810767 A1

⑦1 Anmelder:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,  
DE

⑦2 Erfinder:

Jung, Helmut, Dr.rer.nat., 7900 Ulm, DE; Schlosser,  
Ewald, Dipl.-Phys., 7913 Senden, DE

⑤4 Wiedereingewachsener Rippenwellenleiter-Laser

Die Erfindung betrifft einen sogenannten BMR-Halbleiter-  
laser (»buried-mesa-ridge«), bei welchem die laseraktive  
Schicht auf einer mesaförmig strukturierten Pufferschicht  
angeordnet ist. Bei diesem BMR-Laser werden in vorteilhaf-  
ter Weise störende elektrische Leckströme vermieden, so  
daß eine nahezu lineare Licht-Strom-Kennlinie entsteht.

DE 3810767 A1

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen wiedereingewachsenen Rippenwellenleiter-Laser nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein solcher Halbleiterlaser wird auch BR-Laser ("buried-ridge") genannt und ist bekannt z. B. aus: M. Krakowski u.a. "High yield Manufacture of very low threshold, high reliability, 1,30  $\mu\text{m}$  Buried Heterostructure Laser Diodes grown by Metal Organic Chemical Vapor Deposition, Journal of Lightwave Technology, Col. LT-4, pp. 1470 - 1477".

Ein solcher BR-Laser mit planarer Oberfläche ist im Querschnitt schematisch in Fig. 1 dargestellt.

Auf ein Substrat 1, z. B. n-InP (Dicke: 100  $\mu\text{m}$ ), wird zunächst ganzflächig eine n-InP-Pufferschicht (3) (Dicke: 1  $\mu\text{m}$  bis 10  $\mu\text{m}$ ), eine laseraktive Schicht 4, die aus undotiertem GaInAsP besteht und eine Dicke von ungefähr 0,2  $\mu\text{m}$  besitzt, und eine p-InP-Schutzschicht 5 (Dicke: 0,2  $\mu\text{m}$  bis 0,5  $\mu\text{m}$ ) aufgewachsen. Durch anschließende Photolithographie und selektives Ätzen der Schutzschicht 5 und der laseraktiven Schicht 4 bis auf die Pufferschicht 3 wird ein streifenförmiger Rippenwellenleiter 10 erzeugt, der eine Breite  $w$  von 1  $\mu\text{m}$  bis 2  $\mu\text{m}$  besitzt. Diese Struktur wird dann ganzflächig mit einer p-InP-Überwachsschicht 6 (Dicke  $h$  ungefähr 1  $\mu\text{m}$  bis 2  $\mu\text{m}$ ) und einer GaInAs(P)-Kontaktschicht 8 (Dicke: 0,5  $\mu\text{m}$  bis 1  $\mu\text{m}$ ) überwachsen. Die Kontaktschicht 8 wird dann seitlich bis auf eine Breite  $w'$  von 4  $\mu\text{m}$  bis 6  $\mu\text{m}$  über dem Rippenwellenleiter 10 abgetragen. Schließlich werden eine Isolierschicht 7, z. B.  $\text{SiO}_2$ , und ganzflächig metallische Kontaktschichten 1, 9 aufgebracht. Diese Herstellung ist sehr einfach und vorteilhaft. Ein Nachteil dieser Struktur ist jedoch die ungenügende Stromeinstellung auf den Bereich der laseraktiven Schicht 4, die im wesentlichen auf den unterschiedlichen Eigenschaften von pn-Übergängen in Durchlaßrichtung in Materialien mit unterschiedlichem Bandabstand beruhen. Abhängig von den Widerstandsverhältnissen auf der p-Seite treten elektrische Leckströme über die Seitenbereiche auf, welche die Eigenschaften dieser Laser, speziell bei höherer Leistung, in ungünstiger Weise beeinträchtigen.

Fig. 2 zeigt die berechnete Licht-Strom-Kennlinie eines solchen Lasers mit folgenden Daten:  $w = 2 \mu\text{m}$ ,  $w' = 6 \mu\text{m}$ , Leitfähigkeit der Schichten 6 und 5:  $0,1 \Omega \cdot \text{cm}$ , Dicke der Schicht 6: 2  $\mu\text{m}$ , spezifischer Kontaktwiderstand auf p-Seite:  $2 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}^2$ , Bahnwiderstand von Kontaktschicht 8, laseraktiver Schicht 4 und n-Schichten 3 und 2 ist vernachlässigbar.

Die Kennlinie knickt aufgrund von seitlichen Leckströmen in störender Weise ab.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Rippenwellenleiter-Laser dahingehend zu verbessern, daß störende elektrische Leckströme weitgehend vermeidbar sind.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert unter Bezugnahme auf die schematisch dargestellten Fig. 3 und 4.

Gemäß Fig. 3 wird beim Strukturieren des Rippenwellenleiters 10 aus der Schichtenfolge 2, 3, 4, 5 bis in die Pufferschicht 3 hineingeätzt, so daß eine mesaartige Erhöhung 3' entsteht. Dieser Ätzvorgang erfolgt vorteilhafterweise mit nichtselektiven Ätzmitteln, wodurch

störende Unterätzungen an der laseraktiven Schicht 4 vermieden werden. Durch das seitliche teilweise Abätzen der Pufferschicht 3 sitzt die laseraktive Schicht 4 auf einem Mesa, dessen Höhe  $h'$  in einem Bereich von 0,5  $\mu\text{m}$  - 2  $\mu\text{m}$  liegt und vorzugsweise 1,5  $\mu\text{m}$  beträgt. Die Struktur wird mit den Schichten 6 (Dicke ungefähr 2  $\mu\text{m}$  - 3  $\mu\text{m}$ ) und 8 (Dicke 0,5  $\mu\text{m}$  - 1  $\mu\text{m}$ ) überwachsen. Dabei ist es vorteilhaft, aber nicht notwendig, wenn die Schicht 6 einebnend wirkt: Die nachfolgende Strukturierung der Kontaktschicht 8 und der Isolationschicht 7 und die Kontaktierung 1, 9 erfolgen mit derzeit üblichen Verfahren. Da die Leitfähigkeit des n-leitenden Mesas unter der laseraktiven Schicht 4 sehr viel besser ist als die Leitfähigkeit der Überwachsschicht 6, ergeben sich für die seitlichen Leckströme erhöhte Bahnwiderstände. Dieser günstige Effekt wird verstärkt durch ein planarisierendes Überwachsen und eine niedrige p-Dotierung in Schicht 6.

## Ausführungsbeispiel

Das folgende Ausführungsbeispiel bezieht sich auf Fig. 3. Auf einem (100) orientierten InP-Substrat 2 ( $n = 4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , Dicke 300  $\mu\text{m}$ ) werden die InP-Pufferschicht 3 ( $n = 1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , Dicke 15  $\mu\text{m}$ ), die laseraktive  $\text{Ga}_{0,28}\text{In}_{0,72}\text{As}_{0,6}\text{P}_{0,4}$ -Schicht 4 (undotiert, Dicke 0,2  $\mu\text{m}$ ), und die In-P-Schutzschicht 5 ( $p = 8 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , Dicke 0,5  $\mu\text{m}$ ) mit derzeit üblicher Flüssigphasenepitaxie aufgewachsen. Der Rippenwellenleiter 10 wird nach derzeit üblichen Verfahren mit Photolacktechnik 2  $\mu\text{m}$  breit geätzt. Als Ätzmittel dient eine Mischung von HBr (48%) und  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Bei einer Ätzzeit von ungefähr 500 Sekunden wird bei Raumtemperatur 2  $\mu\text{m}$  tief in die Pufferschicht 3 geätzt. Nach Entfernen der Photolackmaske wird der Rippenwellenleiter 10 ebenfalls mit Flüssigphasenepitaxie mit einer InP Schicht 6 ( $p = 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , in den Außenbereichen 3  $\mu\text{m}$  dick, über dem Rippenwellenleiter 0,5  $\mu\text{m}$  dick) und einer  $\text{Ga}_{0,47}\text{In}_{0,53}\text{As}$  Kontaktschicht 8 ( $p = 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , Dicke 1  $\mu\text{m}$ ) überwachsen, wodurch die Oberfläche nahezu planar wird.

Anschließend wird die Kontaktschicht 8 mit Photolithographie bis auf 6  $\mu\text{m}$  breite Streifen über dem Wellenleiter 10 seitlich mit einer  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ -Ätzlösung abgeätzt. Eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht wird auf der p-Seite pyrolytisch abgeschieden und ebenfalls photolithographisch durch Ätzen in einem  $\text{CF}_4$ -Plasma strukturiert. Zuletzt wird das Substrat mechanisch auf bis eine Dicke von ungefähr 100  $\mu\text{m}$  abgetragen und die Kontakte 9 (Ti/Au) und 1 (AuGeNi) aufgedampft. Einzelne Chips 350  $\mu\text{m}$  breit, 250  $\mu\text{m}$  lang werden mit der p-Seite nach unten auf eine Wärmesenke, z. B. Kupfer, mit AuSn gelötet.

Fig. 4 zeigt schließlich die mit den Daten dieses Ausführungsbeispiels berechnete Licht-Strom-Kennlinie. Die verbesserte Linearität bei höherer Leistung durch verringerte Leckströme ist im Vergleich zu Fig. 2 offensichtlich (Zur Berechnung wurde die Leitfähigkeit in Schicht 6 ein Wert von  $0,4 \Omega \cdot \text{cm}$  angesetzt). Die gemessenen Kennlinien bestätigen das Ergebnis von Fig. 4. Dabei erfolgt die Aussendung des Lichts senkrecht zur Zeichenebene. Ein Halbleiterlaser gemäß Fig. 3 wird auch BMR-Laser ("buried-mesa-ridge") genannt.

Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere anwendbar, z. B. auf einen Halbleiterlaser, der auf der Grundlage eines GaAs-Substrates aufgebaut ist.

1. Wiedereingewachsener Rippenwellenleiter-Laser, zumindest bestehend aus
  - einer Pufferschicht (3), auf der zumindest eine streifenförmig strukturierte laseraktive Schicht (4) aufgewachsen ist, sowie
  - einer Überwachsschicht (6), welche auf der Pufferschicht (3) aufgewachsen ist und welche die laseraktive Schicht (4) umschließt, dadurch gekennzeichnet,
  - daß die Pufferschicht (3) eine mesaförmige Erhöhung (3') besitzt, auf welcher zumindest die laseraktive Schicht (4) aufgewachsen ist.
2. Wiedereingewachsener Rippenwellenleiter-Laser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung (3') eine Höhe ( $h'$ ) besitzt, die in einem Bereich von  $0,5\ \mu\text{m}$  und  $3\ \mu\text{m}$  liegt und vorzugsweise  $2\ \mu\text{m}$  beträgt.
3. Wiedereingewachsener Rippenwellenleiter-Laser nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachsschicht (6) oberhalb des Rippenwellenleiters (10) eine Dicke besitzt, die wesentlich kleiner ist als an Seitenbereichen des Rippenwellenleiters (10).
4. Wiedereingewachsener Rippenwellenleiter-Laser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Überwachsschicht (6) das Verhältnis Dicke oberhalb des Rippenwellenleiters (10) zur Dicke der Seitenbereiche kleiner als 0,5 ist.
5. Wiedereingewachsener Rippenwellenleiter-Laser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Leitfähigkeit der Überwachsschicht (6) kleiner ist als diejenige der Pufferschicht (3) sowie der Schutzschicht (5).
6. Wiedereingewachsener Rippenwellenleiter-Laser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (2), die Pufferschicht (3), die Schutzschicht (5) sowie die Überwachsschicht (6) im wesentlichen aus InP bestehen und daß die laseraktive Schicht (4) sowie die Kontaktschicht (8) aus  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$  mit  $0 < x, y < 1$  und  $x/y = 0,47$  bestehen.
7. Wiedereingewachsener Rippenwellenleiter-Laser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferschicht (3), die Schutzschicht (5) sowie die Überwachsschicht (6) aus  $\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z\text{As}$  und das Substrat (2), die laseraktive Schicht (4) sowie die Kontaktschicht (8) aus  $\text{Ga}_{1-z'}\text{Al}_{z'}\text{As}$  mit  $0 \leq z' < z$  bestehen.

55

60

65

- Leerseite -

3810767

1/2

8

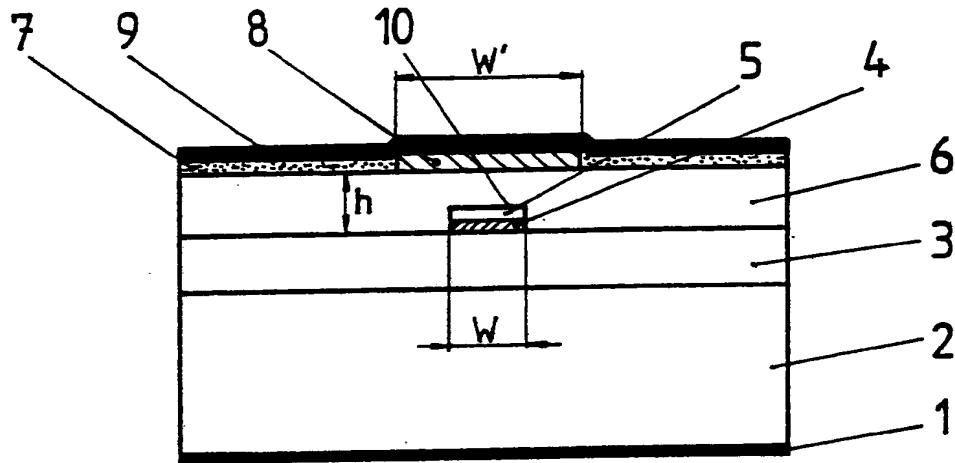


FIG.1

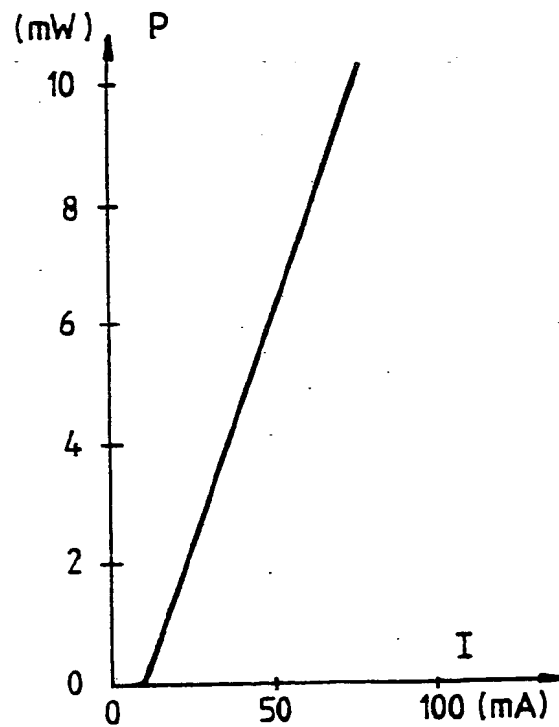


FIG.2

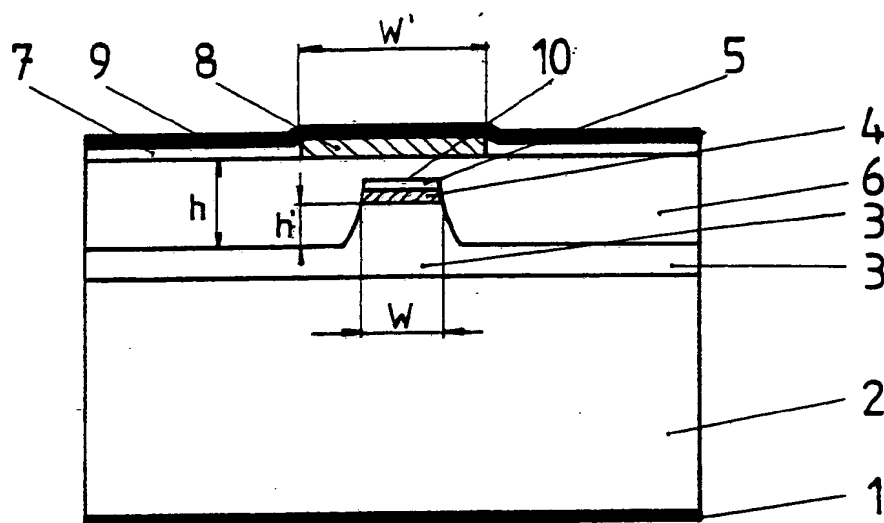


FIG.3

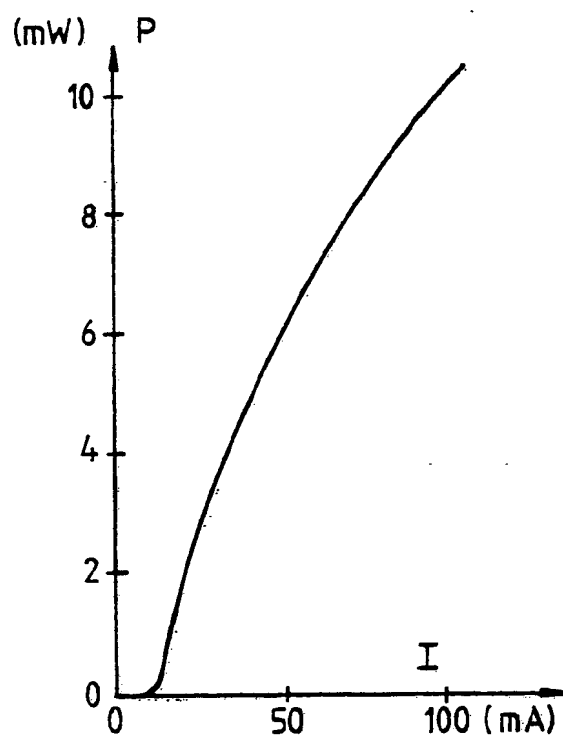


FIG.4